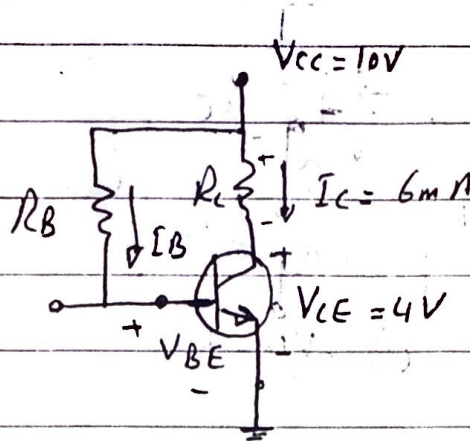
①

Solved Problems

(1-) لدائرة الترانزستور المبينة في شكل التالي (Fixed-bias circuit)
اوجد قيمة كل من R_C ، R_B اذا علم ان كل من تيار نقطة التشغيل ① $(I_Q = 6mA)$
وجهد نقطة التشغيل $(V_{CEQ} = 4V)$ و $(\beta = 200)$ و $(V_{BE} = 0.7V)$

$V_{CC} = 10V$
R_B
I_B
R_C
$I_C = 6mA$
$V_{CE} = 4V$
V_{BE}

Solution :-

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد في المسار بين المجمع والباعث

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} = 0 \Rightarrow V_{CC} - V_{CE} = I_C R_C$$

$$\therefore R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{10V - 4V}{6 \times 10^{-3} A} = 1 k\Omega$$

$$\therefore \boxed{R_C = 1 k\Omega}$$

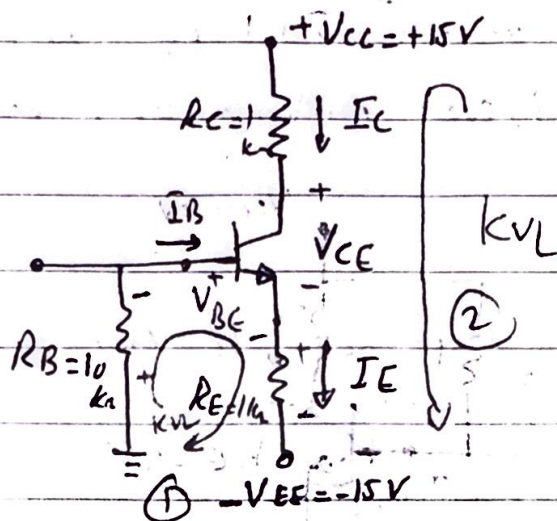
$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد في المسار بين القاعدة والباعث

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0 \Rightarrow V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B$$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{CC} - V_{BC}}{(I_C/\beta)} = \frac{10V - 0.7V}{\left(\frac{6 \times 10^{-3} A}{200}\right)} = 310 k\Omega$$

(2) لدائرة الترانزستور المبينة في الشكل اذا علمت ان $(V_{BE}=0.84V)$ و $(\beta=200)$

اوجد V_{CEQ} ، I_{BQ} ، I_{CQ}

KVL for Loop (1)

$$-I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

$$-(10\, I_B) - 0.84 - (201\, I_B)(1) + 15 = 0$$

$$\therefore I_B = 0.067\ mA \Rightarrow \boxed{I_B = 67\ \mu A}$$

$$I_C = \beta I_B = (200)(67\ \mu A) = 13.41\ mA$$

$$\therefore \boxed{I_C = 13.41\ mA}$$

KVL for loop (2)

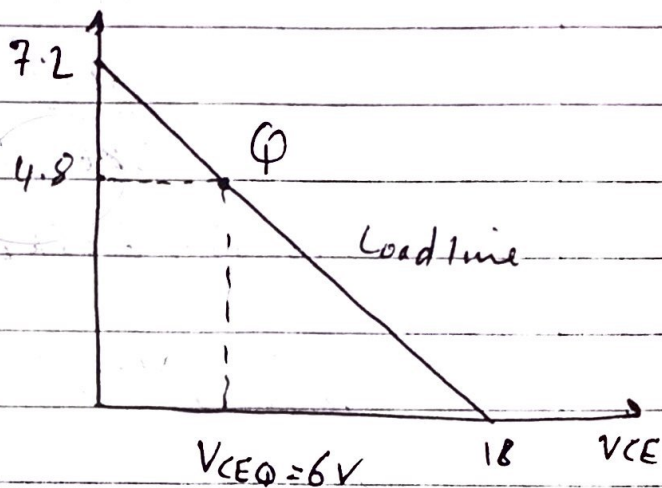
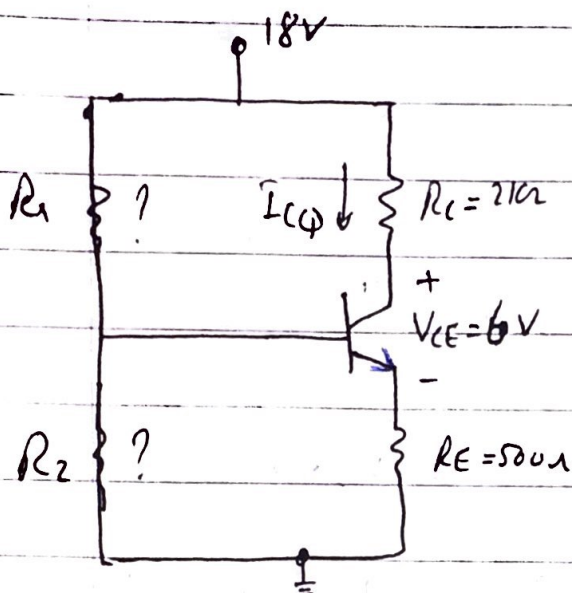
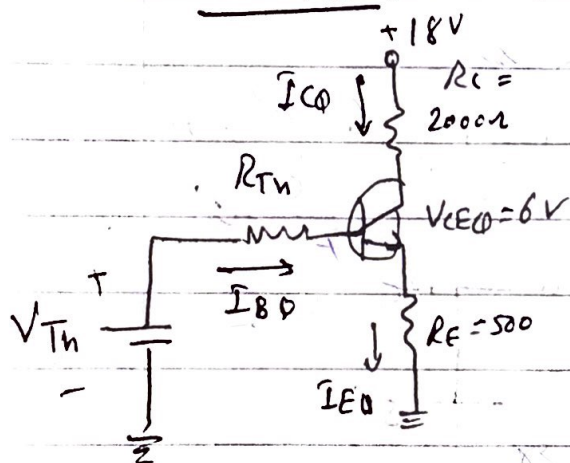
$$\boxed{I_E = (\beta+1) I_B = 13.479\ mA}$$

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

$$15 - (13.41)(1) - V_{CE} - (13.479)(1) + 15 = 0$$

$$\therefore \boxed{V_{CE} = 3.11\ V}$$

3- للدائرة المبينة في الشكل (أ) اوجد قيم المقاومات R_1 ، R_2 لنقطة التشغيل وخط الحمل لهذه الدائرة كما هو مبين في الشكل (ب) ادناه

$(\beta = 120)$ ، $(V_{BE} = 0.7)$

Solution

$V_{CEQ} = 6\text{ volt}$, $I_{CQ} = 4.8\text{ mA}$

$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 40\,\mu A$

$I_{EQ} = \left(\frac{\beta+1}{\beta}\right) I_{CQ} = 4.84\text{ mA}$

For bias stability $R_{Th} = 0.1(1+\beta)R_E$

$= 0.1(121)500$

$= 6050\,\Omega$

$$V_{Th} = V_{cc}\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) \qquad R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$$

$$\frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1}{R_1}\left(\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}\right) = \frac{R_{Th}}{R_1}$$

$\therefore V_{Th} = V_{cc}\left(\frac{R_{Th}}{R_1}\right)$

$= \frac{1}{R_1}(6050)(18)$

KVL BE

$$-V_{Th} + R_{Th} I_{BQ} + V_{BE} + R_E I_{EQ} = 0$$

$$-\left[\frac{1}{R_1}(6050)(18)\right] + (6050)(40\mu A) + 0.7 + (500)(4.84\,mA) = 0$$

242 + 0.7 +

(4)

$\therefore R_1 = \dfrac{6.05(18)}{3.34} = 32.6\ k\Omega$

$R_{Th} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

$6.05 = \dfrac{(32.6)(R_2)}{32.6 + R_2}$

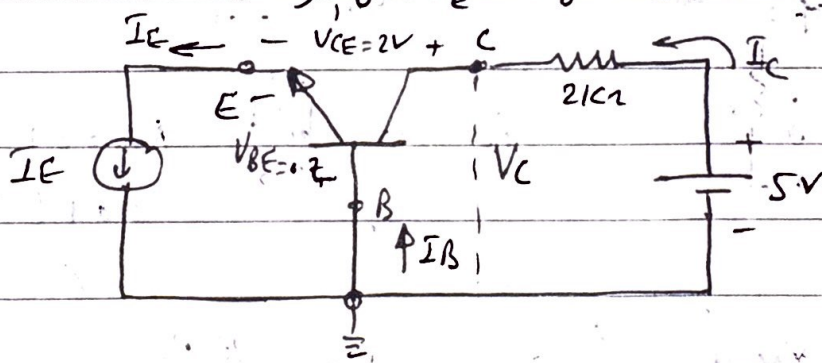
$\therefore 6.05(32.6) + 6.05 R_2 = 32.6 R_2$

$\therefore (6.05)(32.6) = (32.6 - 6.05) R_2$

$R_2 = \dfrac{(6.05)(32.6)}{32.6 - 6.05} = 7.42\ k\Omega$ #

(4) - للدائرة المبينة في الشكل التالي اذا كانت $(\beta = 120)$ و $(V_{BE} = 0.7)$ ، $(V_{CE} = 2V)$

اوجد النتائج I_C ، I_B ، I_E على الترتيب

I_E — $V_{CE} = 2V$ + C — $2k\Omega$ — I_C — E — $V_{BE} = 0.7$ — B — I_B — V_C — $5V$ — I_E

$V_C = V_{CE} - V_{BE} = 2 - 0.7 = 1.3\ V$

$I_C = \dfrac{5 - 1.3}{2000\ \Omega} = 1.85\ mA$

$I_B = \dfrac{I_C}{\beta} = \dfrac{1.85}{120} = 15.4\ \mu A$

$I_E = \left(\dfrac{1+\beta}{\beta}\right) I_C = \dfrac{121}{120}(1.85m) = 1.865\ mA$

او

$I_E = (\beta + 1) I_B$

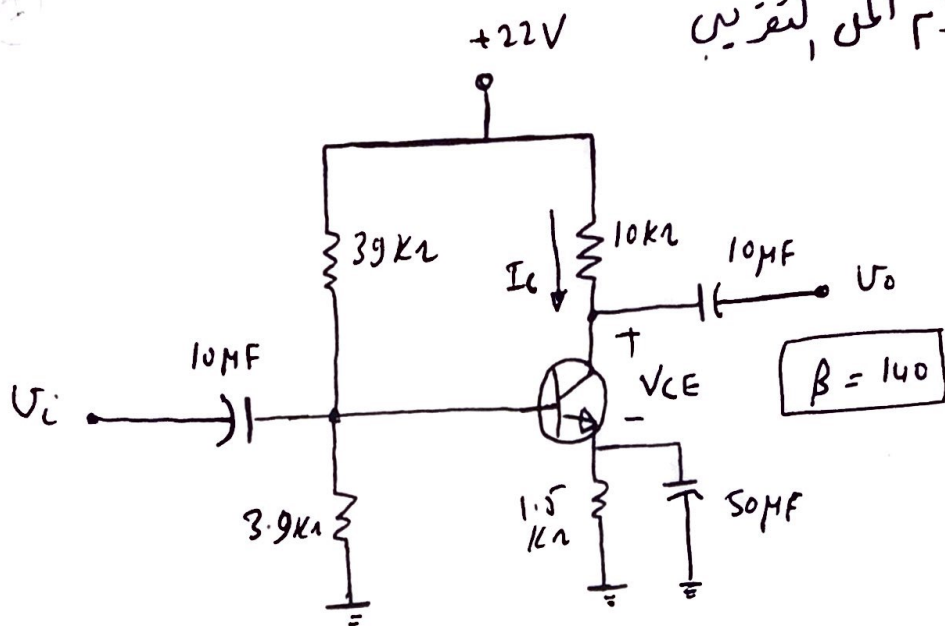
$= (120 + 1)(15.4\ \mu A)$

$= 1.8634\ mA$

مثال ١:- اوجد الجهد (V_{CE}) والتيار (I_C) لدائرة مجزئ الجهد المبينة في الشكل. وذلك باستخدام الحل التقريبي

+22V
39 kΩ
10 kΩ
I_C
10 μF
V_o
10 μF
V_i
+ V_{CE} −
$\beta = 140$
3.9 kΩ
1.5 kΩ
50 μF

$\beta R_E \geq 10 R_2$

الحل :-

Testing

$$\beta R_E \geqslant 10 R_2$$

$$(140)(1.5\,k\Omega) \geqslant 10\,(3.9\,k\Omega)$$

$$210\,k\Omega \geqslant 39\,k\Omega \quad \text{(satisfied)} \quad \text{ok.}$$

$$\therefore V_B = V_{CC}\,\frac{R_2}{R_1 + R_2} = (22V)\,\frac{(3.9\,k\Omega)}{39\,k\Omega + 3.9\,k\Omega} = 2V$$

نلاحظ انه (V_B) تساوي نفس القيمة للجهد (V_{Th}) الذي سبق الحصول في طريقة الحل الدقيقة

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2V - 0.7V = 1.3V$$

$$I_{CQ} \cong I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.3V}{1.5\,k\Omega} = 0.867\,mA$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$= 22V - (0.867\,mA)(10\,k\Omega + 1.5\,k\Omega)$$

$$= 12.03\,V$$

Design operations

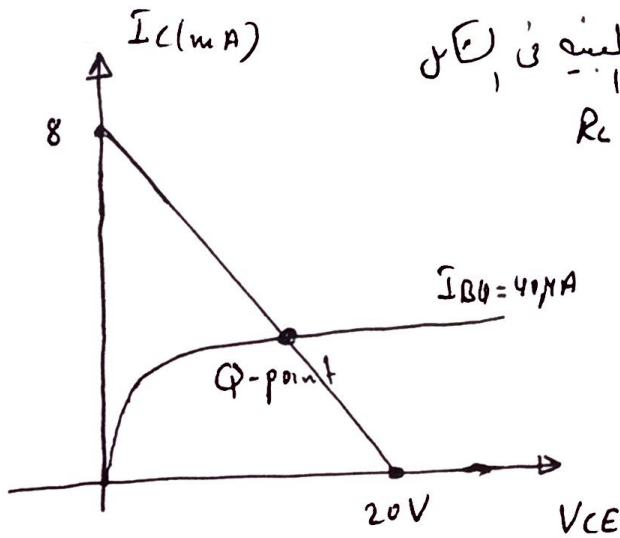
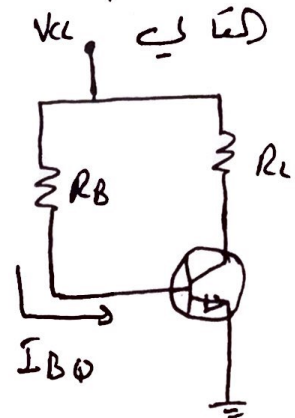
التحليل

لقد تناولنا في شرحنا السابق طريقة تحليل الدوائر الالكترونية وبالتالي فان كل قيم عناصر الدائرة يتم اعطائها ويتم الحل لايجاد الجهود والتيارات في الدائرة

التصميم

أما طريقة التصميم للدوائر الالكترونية فان الجهود والتيارات تحدد أما عناصر الدائرة فيتطلب تحديدها لكي تحقق المتطلبات من التيار والجهد في الدائرة ولهذا يتطلب

1. فهم دقيق لخواص العناصر الالكترونية والعناصر التي ستستخدم في الدائرة
2. فهم دقيق للمعادلات الاساسية للدوائر والشبكات
3. فهم القوانين الاساسية التي تستخدم في تحليل الدوائر مثل (قانون أوم ، قانون كيرشوف للجهد ....)

كما يتطلب الامر في بعض الاحيان وضع بعض الفرضيات المبنية على أسس معينة لاستخدامها في تصميم الدوائر.

مثال :- من خلال المعطيات المبينة في الشكل أوجد قيم R_L ، R_B ، V_{CC} للدائرة المبينة في الشكل التالي

Solution

كما هو واضح في منحنى الخصائص تكون ايجاد قيمة الجهد (V_{CC})

$$V_{CC} = 20\,V$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}\bigg|_{V_{CE}=0}$$

$$\therefore R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{20\,V}{8\,mA} = 2.5\,k\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \Rightarrow R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

$$= \frac{20\,V - 0.7\,V}{40\,\mu A}$$

$$= 482.5\,k\Omega$$

standard resistor values

$$R_C = 2.4\,k\Omega$$

$$R_B = 470\,k\Omega$$

باستخدام المقاومات (standard) تكون الاشارة حساب تيار القاعدة (I_B)

$$\therefore I_B = 41.1\,\mu A$$

وهذه القيمة تختلف بنسبة 5 % عن القيمة المحددة .

مثال:- لدائرة تجزئة الجهد المبينة في الشكل اذا كانت $I_{CQ}=2mA$ ، $V_{CEQ}=10V$
اوجد قيمة كل من R_1 ، R_C

- الحل -

$$V_E = I_E R_E \cong I_C R_E$$
$$= (2mA)(1.2k\Omega) = 2.4V$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7V + 2.4V = 3.1 \text{ Volt}$$

$$V_B = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC} = 3.1 V$$

$$\frac{(18k\Omega)(18V)}{R_1 + 18k\Omega} = 3.1 V$$

$$324 k\Omega = 3.1 R_1 + 55.8 k\Omega$$

$$3.1 R_1 = 268.2 k\Omega \Rightarrow R_1 = \frac{268.2 k\Omega}{3.1}$$
$$= 86.52 k\Omega$$

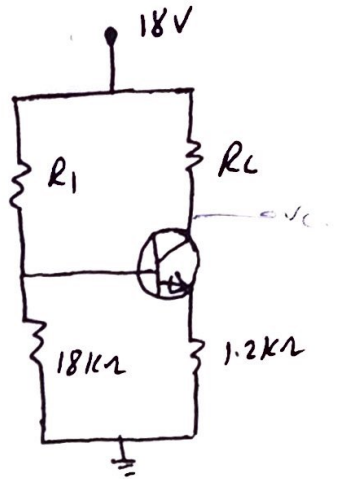
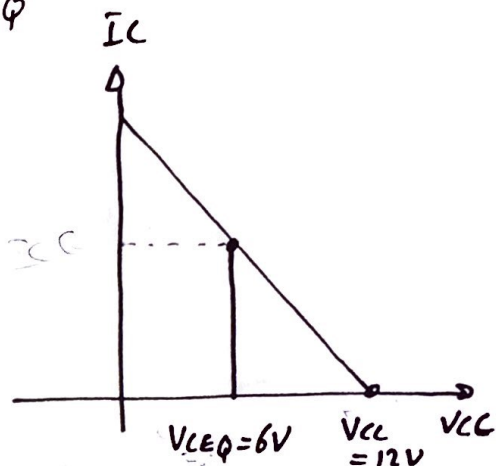
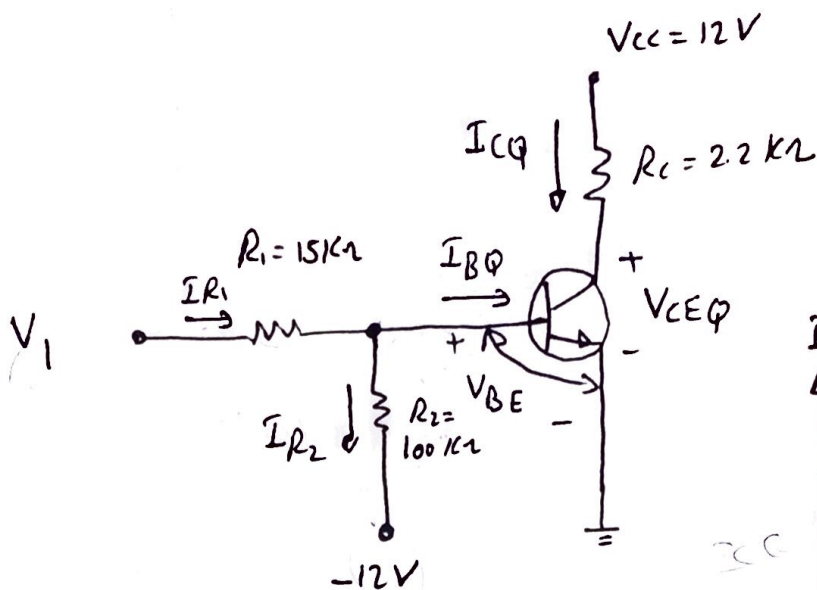
$$R_C = \frac{V_{RC}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$$

$$V_C = V_{CE} + V_E = 10 + 2.4 = 12.4 V$$

$$\therefore R_C = \frac{18V - 12.4V}{2mA}$$
$$= 2.8 k\Omega$$

standard values nearest to R_1 are 82 and 91 $k\Omega$

باستخدام مقاومتين عن ابدال

$86.7 k\Omega = 4.7k\Omega + 82k\Omega$

مثال :- للدائرة المبينه في الشكل اذا كانت $(\beta = 30)$ و $(V_{BE} = 0.7V)$ اوجد الجهد V_1 بحيث تكون V_{CEQ} في مركز خط الحمل

عند مركز خط الحمل $V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2} = \frac{12V}{2} = 6V$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{R_C} = \frac{12-6}{2200} = 2.73\ mA$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{2.73\ mA}{30} = 0.091\ mA = 91\ \mu A$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{BE} - (-12)}{100000} = \frac{0.7 + 12}{100,000} = \frac{12.7}{100,000} = 0.127\ mA$$

$$I_{R_1} = I_{R_2} + I_{BQ} = 0.127\ mA + 0.091\ mA = 0.218\ mA$$

$$V_1 = I_{R_1} R_1 + V_{BE} = (0.218\ mA)(15K\Omega) + 0.7 = 3.97V$$

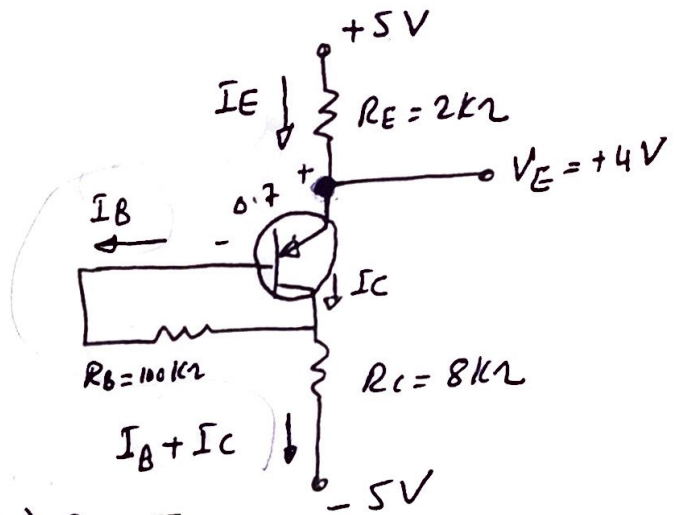
٢/ ١٢

مثال ١ :- للدائرة المبينة في الشكل اوجد قيمة β

+5V
I_E
$R_E = 2k\Omega$
$V_E = +4V$
0.7
I_B
I_C
$R_B = 100k\Omega$
$R_C = 8k\Omega$
$I_B + I_C$
-5V

الحل

$$I_E = \frac{5-4}{R_E} = \frac{1}{2000} = 0.5\,mA$$

باستخدام قانون كيرشوف للجهد من V_E إلى مصدر الجهد $(-5V)$

$$-4V + 0.7V + I_B R_B + (I_B + I_C) R_C - 5 = 0$$

$$I_E = I_B + I_C \qquad \text{من الشكل}$$

$$\therefore I_B + I_C = I_E = 0.5\,mA$$

$$\therefore -4V + 0.7V + (100000) I_B + 0.5\,mA\,(8k\Omega) = 5$$

$$\therefore I_B = \frac{4 - 0.7 - 4 + 5}{100{,}000} = 0.043\,mA = 43\,\mu A$$

$$I_E = (1+\beta) I_B$$

$$\therefore 1+\beta = \frac{I_E}{I_B} = \frac{0.5}{0.043} = 11.628$$

$$\therefore \beta = 11.628 - 1 = 10.63 \quad \#$$

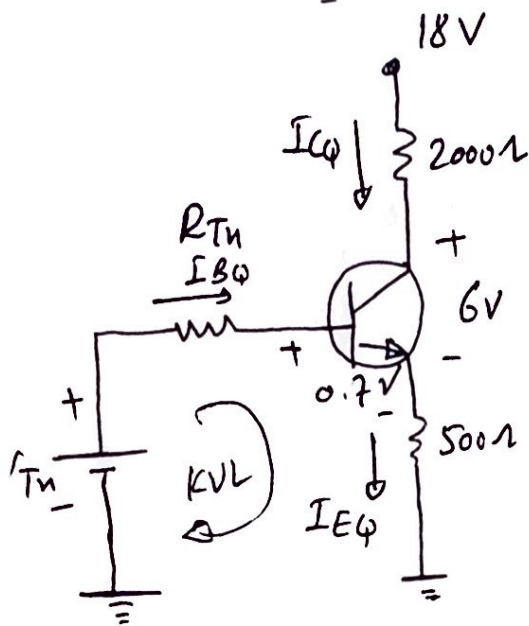
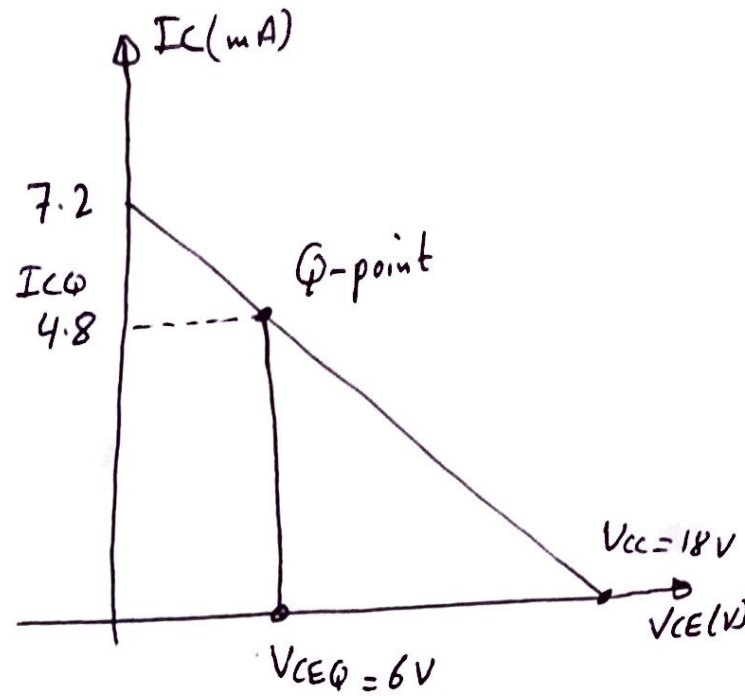
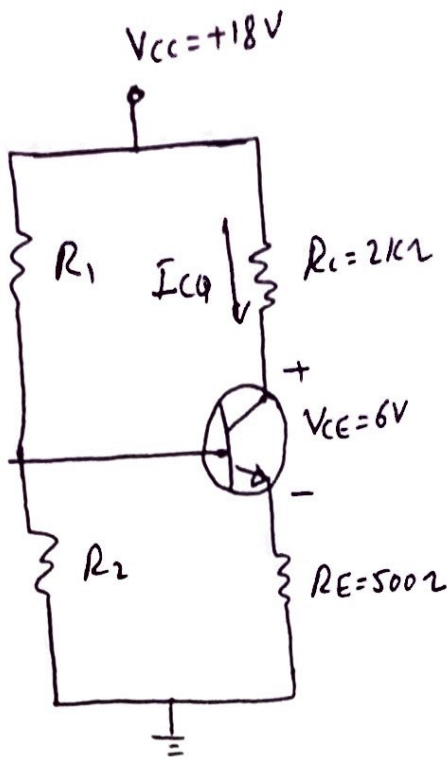
مثال:- في الدائرة المبينة في الشكل وكذلك خط الحمل لخصائص الترانزستور حدد قيم كل من R_1 , R_2 لتحقيق ثبات نقطة التشغيل اذا كانت

$(\beta = 120)$, $(V_{EB} = 0.7)$

$V_{CC} = +18V$
R_1
I_{CQ}
$R_C = 2k\Omega$
$+$
$V_{CE} = 6V$
$-$
R_2
$R_E = 500\Omega$

$I_C(mA)$
7.2
I_{CQ}
4.8
Q-point
$V_{CC} = 18V$
$V_{CE}(V)$
$V_{CEQ} = 6V$

18V
I_{CQ}
2000Ω
R_{Th}
I_{BQ}
$+$
$6V$
$-$
$+$
$0.7V$
$-$
$+$
V_{Th}
$-$
KVL
500Ω
I_{EQ}

من الشكل

$V_{CEQ} = 6V$

$I_{CQ} = 4.8\ mA$

$\therefore\ I_{BQ} = \dfrac{I_{CQ}}{\beta} = \dfrac{4.8mA}{120} = 40\mu A$

$I_{EQ} = \left(\dfrac{\beta+1}{\beta}\right) I_{CQ} = 4.84\ mA$

For bias stability $R_{Th} = 0.1(1+\beta)R_E$
$= 6050\ \Omega$

$V_{Th} = V_{CC}\ \dfrac{R_2}{R_1+R_2}$ $\qquad R_{Th} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$

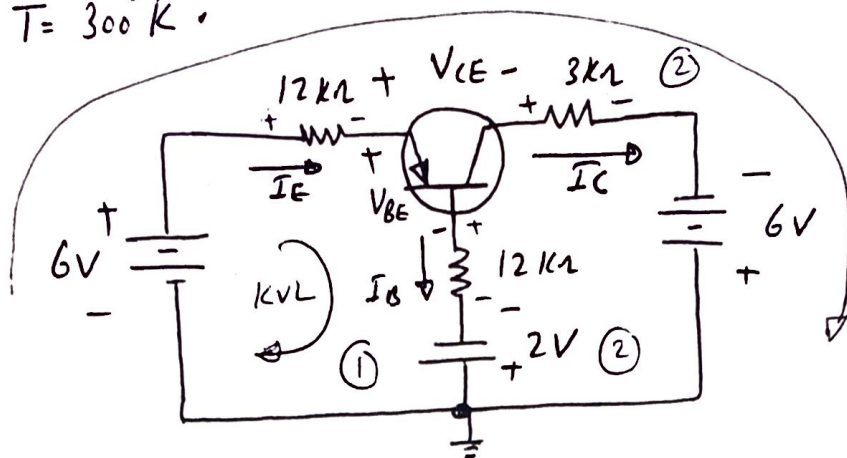
$\dfrac{R_2}{R_1+R_2} = \dfrac{1}{R_1}\ \dfrac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = \dfrac{R_{Th}}{R_1}$ $\qquad \therefore V_{Th} = V_{CC}\left(\dfrac{R_{Th}}{R_1}\right)$
$= \dfrac{1}{R_1}(6050)(18)$

<u>KVL</u>

$-V_{Th} + R_{Th} I_{BQ} + V_{BE} + R_E I_{EQ} = 0$

$\therefore\ R_1 = \dfrac{6050(18)}{3.34} = 32.6k\Omega$ $\qquad R_2 = \dfrac{6.05(32.6)}{32.6 - 6.05} = 7.42k\Omega$

Solved problems (T.3)

1- The transistor in the circuit shown below has $\beta = 75$. Determine the quiesent values for I_{CQ} and V_{CQ}, assume $V_{BE}(ON) = 0.7V$ and $T = 300^\circ K$.

①

$$-6 + I_E R_E + V_{BE} + I_B R_B - 2 = 0$$

since $I_E = (\beta+1) I_B$

$$\therefore (\beta+1) I_B R_E + I_B R_B = 8 - 0.7$$

$$\therefore I_B = \frac{8 - 0.7}{76(12k\Omega) + 12k\Omega} = 7.9\ \mu A$$

$$I_E = (\beta+1) I_B = (75+1)(7.9\mu A) = 0.6mA$$

$$I_{CQ} = \beta I_B = 0.593\ mA$$

②

$$-6 + I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C - 6 = 0$$

$$\therefore V_{CE} = 12 - (0.6)(12k\Omega) - (0.592)(3k\Omega) \cong 3V$$

(T.3)

15 2- An npn transistor has a reverse-saturation current of $I_s = 10^{-13}$ Amper and a current gain $\beta_F = 90$. The transistor is biased at $V_{BE} = 0.685 V$ and $T = 300°K$. Determine the emitter, base, and collector currents.

Solution

For BE junction

$$I_E = I_s e^{V_{BE}/V_T}$$

$$= 10^{-13} e^{(0.685/0.026)} = 27.7 mA$$

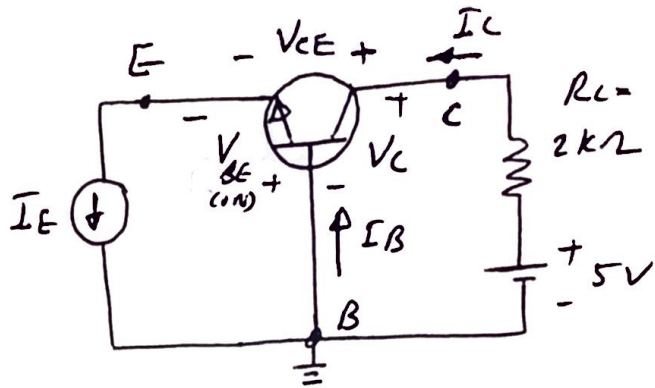
$$\therefore \boxed{I_E = 27.7 mA}$$

$$I_C = \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right) I_E = \frac{90}{91}(27.7 mA) = 27.4 mA$$

$$\therefore \boxed{I_C = 27.4 mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 0.3 mA$$

$$\therefore \boxed{I_B = 0.3 mA}$$

3- Consider the circuit shown below. For the npn transistor (T.3) $\beta = 120$, $V_{CE} = 2V$, and $V_{BE(ON)} = 0.7V$. Determine the collector, emitter, and base currents I_C, I_E and I_B

Solution

$V_{BE(ON)} = 0.7$ Assume Forward Active mode

$$V_C = V_{CE} - V_{BE(ON)} = 2 - 0.7 = 1.3V$$

$V_C = V_{CE} - V_{BE}$

$$I_C = \frac{5 - 1.3}{2000} = \frac{5 - V_C}{R_C} = 1.85 \, mA$$

$$I_E = \left(\frac{1+\beta}{\beta}\right) I_C \overset{OR}{=} \frac{I_C}{\alpha} = \left(\frac{121}{120}\right)(1.85\, mA) = 1.865\, mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \overset{or}{=} I_E - I_C = \frac{1.85}{120} = 15.4\, \mu A$$

check

$$I_C + I_B = I_E$$

$$1.865 = 1.865$$

#

4- consider the circuit shown below. For the transistor (T.3)

17 $\beta = 75$ and $V_{EB(ON)} = 0.7V$.

Determin the collector current I_C, and the emitter-to-collector Voltage V_{EC}.

Solution

⊛ KVL from +8V to -2V sources

$$-8 + (\beta+1) I_B R_E + 0.7V + I_B R_B - 2 = 0$$

$$I_B = \frac{8 - 0.7 + 2}{76(10k\Omega) + 10k\Omega} = 12.1 \mu A$$

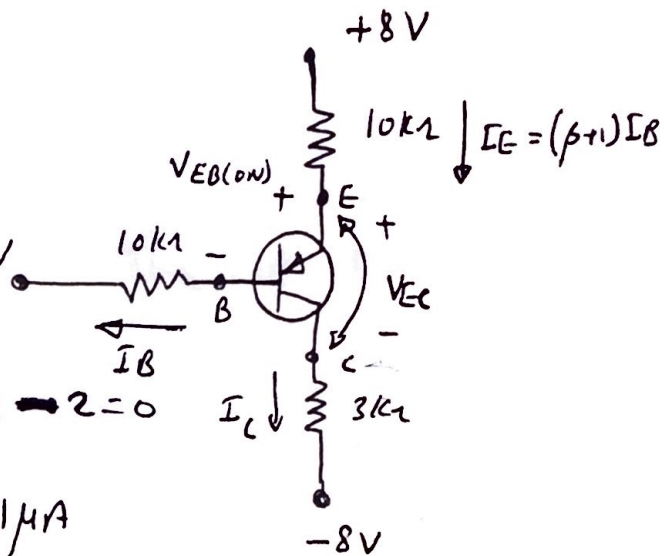
$$I_C = \beta I_B = (75)(12.1 \mu A) = 0.906 mA$$

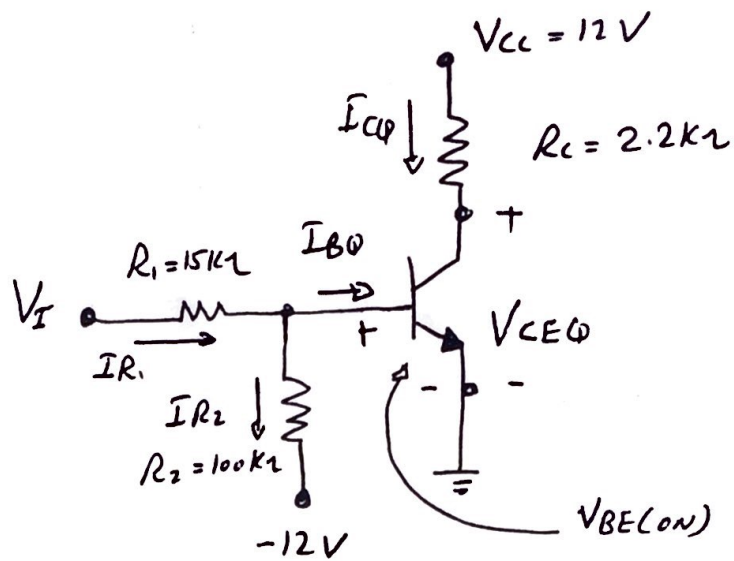
$$I_E = (\beta+1) I_B = 76 (12.1 \mu A) = 0.9292 mA$$

⊛ KVL from +8V → -8V sources

$$-8 + R_E I_E + V_{EC} + R_C I_C - 8 = 0$$

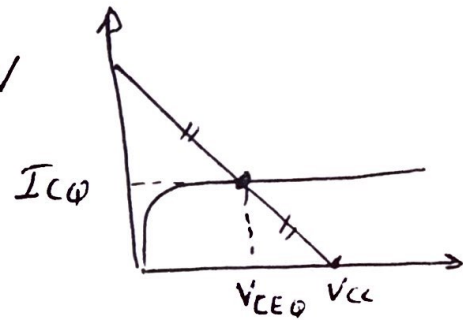
$$\therefore V_{EC} = 16 - (10k)(0.9292 mA) - (3k)(0.906 mA)$$

$$\cong 4V$$

5- For the circuit shown below, $\beta = 30$ and $V_{BE(ON)} = 0.7$, find the voltage V_I such that V_{CEQ} is at the center of the load line.

$V_{CC} = 12V$, $R_C = 2.2k\Omega$, $R_1 = 15k\Omega$, $R_2 = 100k\Omega$, $-12V$, I_{CQ}, I_{BQ}, I_{R_1}, I_{R_2}, V_{CEQ}, $V_{BE(ON)}$

<u>solution</u>

At the center of load line $V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2} = 6V$

I_{CQ}, V_{CEQ}, V_{CC}

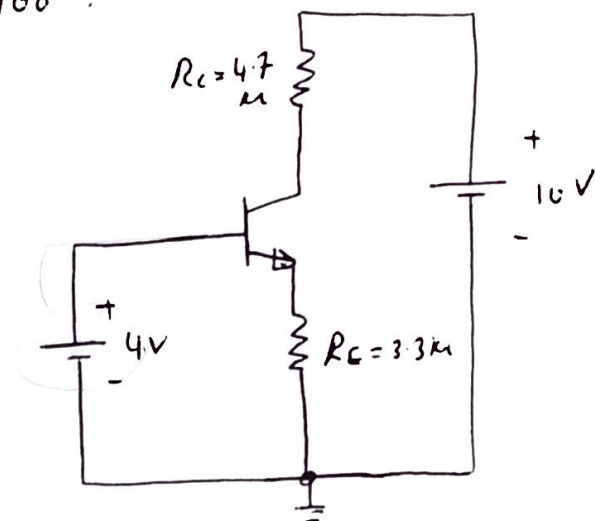
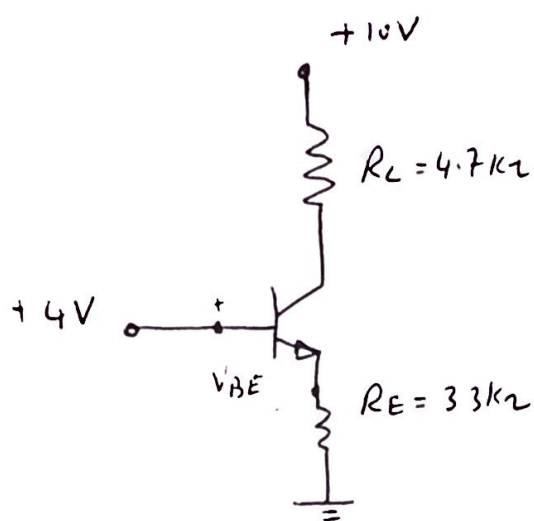
$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{R_C} = \frac{12-6}{2200} = 2.73mA$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{2.73}{30} = 0.091\,mA = 91\,\mu A$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{BE(ON)} - (-12)}{R_2} = \frac{0.7+12}{100,000} = \frac{12.7}{100000} = 0.127\,mA$$

$$I_{R_1} = I_{R_2} + I_{BQ} = 0.127\,mA + 0.091\,mA = 0.218\,mA$$

$$V_I = I_{R_1} R_1 + V_{BE(ON)} = (0.218\,mA)(15k\Omega) + 0.7\,V$$

$$= 3.97\,V$$

6-1 Consider the circuit shown in the following figure, (T.3) analyze this circuit to determine all node voltages and branch currents. Assume $\beta = 100$.

- في بداية الحل لا نستطيع أن نعرف أن الترانزستور يعمل في منطقة التشغيل (الفعالة) active mode أم لا . وبالتالي يمكننا نفترض أنه نعتبر أن الترانزستور يعمل في المنطقة الفعالة ونستمر في الحل ومن خلال النتائج نتحقق من صحة الافتراض أم لا . فإذا كان الافتراض صحيحا فإننا نعتمد تلك النتائج أما إذا الافتراض غير صحيح فإننا نعيد الحل مرة أخرى بناء على النتائج التي تم الحصول عليها .

⊛ From the circuit we note that the base is connected to +4V, and the emitter is connected to ground through a resister R_E. ⊛

⊛ It therefore is safe to conclude that the base-emitter junction will be forward-biased. Assuming that this is the case and assuming that V_{BE} is approximately 0.7V.

$$\therefore \quad V_E = 4 - V_{BE} \simeq 4 - 0.7 = 3.3V$$

Now we know the voltages at the two ends of R_E, then we can determine the current I_E

6.2 (Contin...)

(3) $I_C = 0.99 \times 1 = 0.99 mA$

+10V

I_C

4.7kΩ

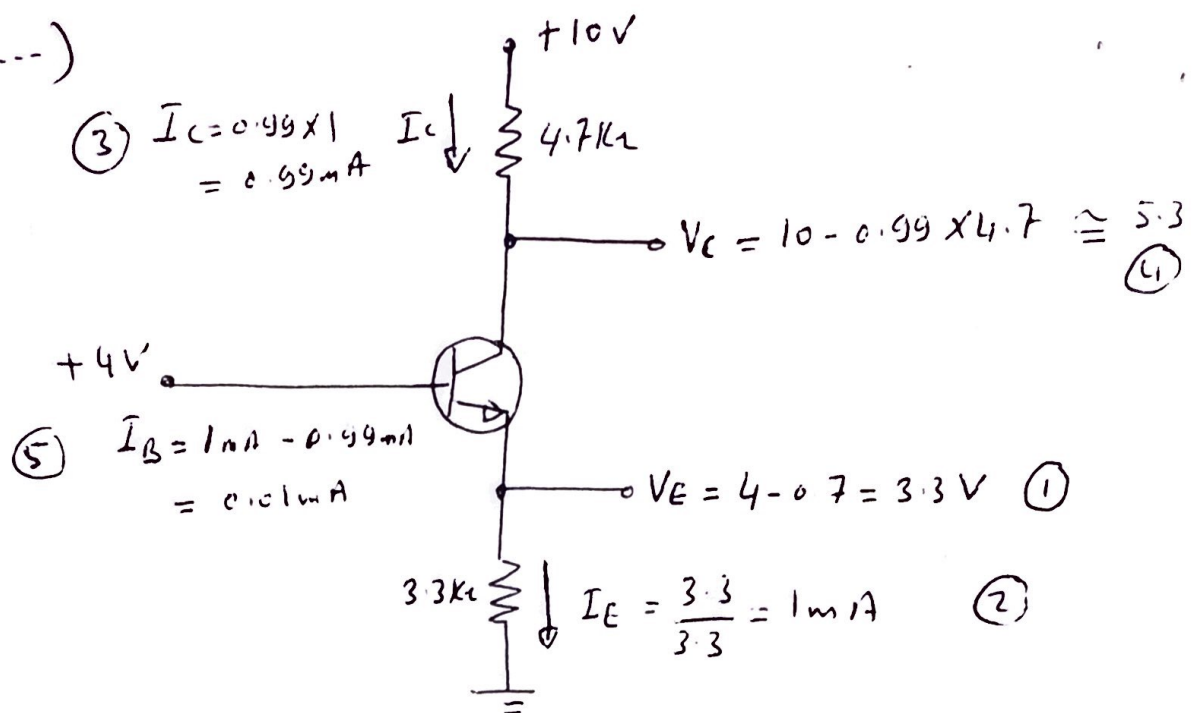
$V_C = 10 - 0.99 \times 4.7 \cong 5.3$ (4)

+4V

(5) $I_B = 1mA - 0.99mA = 0.01mA$

$V_E = 4 - 0.7 = 3.3V$ (1)

3.3kΩ

$I_E = \frac{3.3}{3.3} = 1mA$ (2)

$$\therefore I_E = \frac{V_E - 0}{R_E} = \frac{3.3V}{3.3k\Omega} = 1mA$$

(*) Since the collector is connected through R_C to +10V power supply, it appears possible that the collector voltage will be higher than the base voltage (which is essential for active mode operation)

$$\therefore I_C = \alpha I_E \quad \text{and} \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{100}{101} = 0.99$$

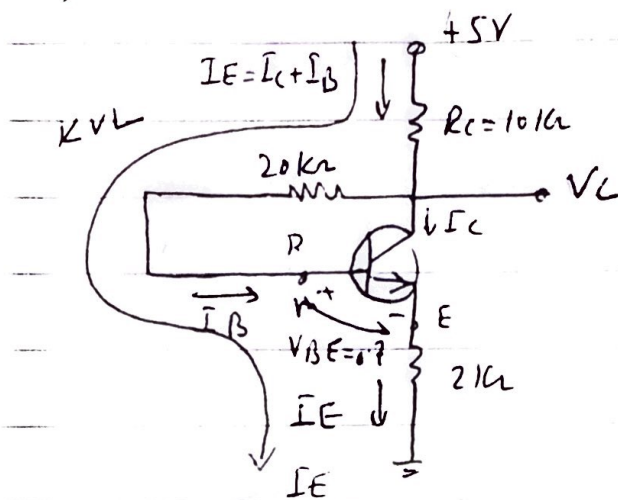
$$\therefore I_C = 0.99 \times 1 = 0.99mA$$

$$V_C = 10 - I_C R_C = 10 - 0.99(4.7k\Omega) \cong 5.3V$$

Since the base is at +4V the collector-base junction is reverse biased by 1.3V and the transistor indeed in the active mode

$$I_B = \frac{I_E}{\beta+1} = \frac{1}{101} \simeq 0.01mA$$

(5)

5- لدائرة الترانزستور المبينة في الشكل اذا كانت $(\beta = 100)$ ، $(V_{BE} = 0.7V)$
احسب قيمة الجهد V_C

KVL $-5 + (I_C + I_B) R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E = 0$

حيث ان $I_E = (\beta + 1) I_B$

$\therefore (1+\beta) I_B R_C + I_B R_B + (1+\beta) I_B R_E = 5 - 0.7$

$$\therefore I_B = \frac{4.3\,V}{101(10k\Omega) + 20k\Omega + (101)(2k\Omega)} = 3.44\,\mu A$$

$V_C = 5 - I_{R_C} R_C = 5 - (101)(3.44\mu A)(10k\Omega)$

$\therefore V_C = 1.5\,V$